

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОГО КЛИМАТА

¹⁾П.С. Лопух, ²⁾М.Г. Герменчук, ²⁾И.С. Парташенюк

1) Белорусский государственный университет,
г. Минск

2) ГУ «Республиканский центр по
гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения и мониторингу окружающей среды»,
г. Минск

E-mail: lopuch49@mail.ru

Территория Беларуси, располагаясь в центре Европы, имеет важнейшее стратегическое и геополитическое значение и является неотъемлемой частью крупного Европейского региона, который в полной мере испытывает влияние глобальных климатических процессов.

Современные глобальные климатические колебания усложняются антропогенными воздействиями, и в первую очередь, увеличением роли парниковых газов, крупномасштабными природными катастрофами и эпизодическими аномальными явлениями [2]. Прогнозирование предстоящих изменений в настоящее время эффективно реализуется посредством использования компьютерного моделирования климатических параметров. Однако численное прогнозирование резких аномальных отклонений климатических параметров от нормы и возникновения опасных гидрометеорологических явлений еще многие годы будет являться научным вызовом современным ученым.

Республика Беларусь располагает широким спектром природных и социально-экономических ресурсов. Наличие ресурсного потенциала и необходимость его рационального использования обусловили запросы современного общества и требования к направлениям научных исследований, которые должны быть ориентированы на поддержание устойчивого развития страны, что подразумевает в свою очередь внедрение принципов «зеленой экономики» [1].

Вопросы устойчивого развития Беларуси приобрели особую актуальность в последнюю четверть XX столетия, когда климатические, агроклиматические и водные ресурсы начали испытывать значительные трансформации в условиях изменяющегося климата. В связи с этим перед страной стоят задачи обеспечения гидрометеорологической, экологической и радиационной безопасности.

В соответствии с современными тенденциями происходящих изменений сформировались основные направления гидрометеорологических исследований в Беларуси, которые можно сформулировать следующим образом:

- изучение основных механизмов изменения гидрометеорологических и климатических параметров на региональном уровне применительно к Республике Беларусь;
- оценка изменения трендов основных климатических параметров;
- оценка влияния изменения климата на агроклиматические ресурсы;
- исследование колебаний и оценка трансформации гидрологического режима рек и озер в связи с изменением климата и усилением его экстремальности;
- изучение и мониторинг рисков и угроз гидрометеорологической, экологической и радиационной безопасности;
- исследование повторяемости опасных гидрометеорологических явлений и раскрытие механизмов их возникновения;
- организации гидрометеорологического и радиационного мониторинга окружающей среды в зоне строительства Белорусской АЭС.
- изучение возможностей и применение на практике современных технологий наблюдений, измерений, сбора, обработки, хранения, визуализации и представления информации о состоянии и загрязнении окружающей среды;
- моделирование атмосферных процессов, динамики метеорологических и гидрологических параметров, ожидаемых трендов в современных климатических условиях;
- расширение использования спутниковой информации, в т.ч. БелКА-1,2 и европейских метеоспутников;
- разработка (совершенствование) методов прогнозирования погоды в современных неустойчивых климатических условиях;
- создание мер по адаптации хозяйственной деятельности к неустойчивым климатическим условиям.
- анализ существующих схем районирования климатических и гидрологических ресурсов и уточнение их границ с использованием современных автоматизированных средств обработки информации.
- обучение и подготовка кадров в области гидрометеорологии и радиационно-

экологического мониторинга окружающей среды.

По данным специалистов-климатологов Гидромета, современное потепление в Беларуси, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось в 1989 г. резким повышением температуры зимой. Начавшееся потепление продолжалось и все последующие годы, включая и последние годы. На конец XX и начало XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет. Исключением не является и 2014 год и зима 2015 года.

Особенность нынешнего потепления заключается не только в небывалой его продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, которая согласно исследованиям В.И. Мельника, в среднем за 25

лет (1989-2013 гг.) превысила климатическую норму на 1.2 °C (рис.1). Такие колебания, вероятно, связаны не только с парниковыми газами. Современные исследования и объяснения потепления климата вызывают больше вопросов, чем объяснения причин его возникновения.

Ожидается, что в XXI веке средняя температура приземного воздуха в целом по территории Беларуси будет продолжать повышаться, в первую очередь за счет повышения минимальных температур. Прогнозируемое изменение климата будет оказывать различные (положительные и отрицательные) последствия на экологические и социально-экономические системы, и чем больше будут изменения, тем сильнее будут проявляться последствия, которые могут быть положительными и отрицательными.

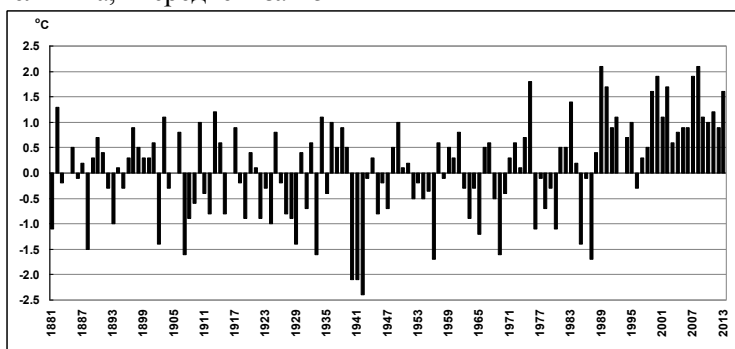


Рисунок 1 - Отклонения средней по Беларуси годовой температуры воздуха от климатической нормы (+5,9°C) за период 1881-2013 гг. (по данным Гидромета, 2015)

Положительные изменения климата заключаются в сокращении отопительного периода и, соответственно, расходов энергии, повышении эффективности растениеводства и животноводства за счет увеличения продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, улучшения условий перезимовки озимых культур и установления более ранних сроков сева яровых культур, а также ускорении их созревания, увеличении рекреационных ресурсов.

Вместе с тем, период «потепления» имеет свои негативные последствия, которые заключаются в увеличении повторяемости опасных явлений (засух в южных районах, экстремальных осадков), усилении пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах, увеличении вероятности массовых размножений вредителей леса, понижении уровней подземных вод, ослаблении закалки растений, распространении различных грибных и

вирусных заболеваний, вызванных теплыми зимами, ухудшении условий произрастания и формирования урожая средних и поздних сортов картофеля, льна, овощных культур (капуста), второго укоса трав в результате увеличения сочетания числа сухих дней и температур воздуха > 25°C во второй половине лета.

В свою очередь значительные изменения климата и направленности циркуляционных процессов в атмосфере влияют на формирование стока рек и водности озер Беларуси, который в значительной степени определяется количеством выпавших осадков. Поэтому экстремальные проявления в режиме рек (значительные повышения или понижения уровня воды в реках) зависят от резких аномалий (нарушений) в режиме увлажнения. Выпадение осадков на территории Беларуси зависит от прохождения циклонов через ее территорию, которые по пути своего следования воздействуют на гидрологическую обстановку в речных

бассейнах. При этом циклоны, различающиеся по месту зарождения и направлению их движения, формируют различные гидрометеорологические условия и соответственно разные условия увлажнения. Так, южные циклоны в зимний сезон приносят значительные осадки, усиление ветра, метели, а атлантические циклоны формируют оттепельную погоду с выпадением осадков и т.д. Таким образом, в зависимости от повторяемости циклонов различного генезиса и их траекторий на территории Беларуси формируются условия для развития весеннего половодья.

Европейскими учеными при исследовании годовой циклонической активности в зимний сезон в северном полушарии установлено уменьшение общего количества циклонов в пределах Атлантического океана, но при этом значительное увеличение циклонов в районе Исландского минимума и европейской части Арктики. Установлено, что отмечается увеличение количества северных циклонов, особенно в зимний период, что привело к увеличению осадков в северной Европе и снижению в центральной [3]. Пространственное перераспределение циклонов, особенно в зимний сезон, обусловило изменения в гидрологическом режиме рек Беларуси.

На территории Беларуси ведущая роль в изучении гидрологического режима рек и озер принадлежит специалистам отдела гидрологии и государственного водного кадастра Гидромета. На основе длительных многолетних рядов гидрологических характеристик, постоянно выполняется анализ и обобщение основных элементов водного режима рек и озер Беларуси. В результате проведенных исследований было установлено, что продолжительные периоды оттепельной погоды в течение зимнего периода, которые ежегодно наблюдаются с 1989 г., способствовали внутригодовому перераспределению стока на реках Беларуси – значительному повышению зимнего меженного и уменьшению весеннего стока.

Внутригодовое перераспределение стока на реках Беларуси связано с увеличением повторяемости зимних паводков и увеличением значений минимальных расходов вследствие роста температуры воздуха и дополнительного притока талых вод в реки. Низкие значения или отсутствие в отдельные годы снежного покрова на поверхности почвы и ледостава на реках, незначительная глубина промерзания почвы способствуют истощению запасов влаги перед

началом весеннего половодья, и таким образом, формируя условия для низкого весеннего половодья. Это способствовало снижению повторяемости наводнений во время весеннего половодья во всех речных бассейнах на территории Беларуси. В последние десятилетия отмечается снижение числа случаев наводнений различных градаций. Наибольшее количество наводнений во всех бассейнах за послевоенный период отмечалось в 1951, 1953, 1956, 1958, 1962-1968, 1970, 1979, 1994, 1996, 1999, 2004, 2010. Следует также отметить, что наиболее значительные наводнения во время весеннего половодья чаще всего отмечались в период 50-60-х гг. XX века, а в современный период потепления наводнения преимущественно относились к небольшим.

Трансформация гидрологического режима рек вследствие продолжительного изменения климата на территории Беларуси привела к необходимости пересмотра и возможно изменения схемы гидрологического районирования территории Беларуси. Схема гидрологического районирования, которая в настоящее время используется в гидрологической практике, была создана в 60-70-е годы прошлого столетия и выделение районов выполнено на основе схожести различных природных процессов, определяющих формирование стока рек. Над схемой работали опытейшие гидрологи и в ее основу легли масштабные исследования гидрологического режима рек.

Однако внедрение новых информационных технологий, в т.ч. автоматизация обработки данных, позволяют провести уточнение данной схемы с меньшими трудозатратами и возможно большей точностью. В качестве инструмента для подобного анализа эффективным представляется использование инструмента **ГИС-моделирования, который широко используется учеными Белгосуниверситета. Данный программный продукт решает комплекс задач, связанных с моделированием поведения постоянных и временных потоков в пространстве и во времени и открывает широкие возможности в области использования геоинформационных систем при изучении такого компонента природы, как гидрографическая сеть территории. Кроме этого, параллельно с гидрографией, осуществляется моделирование и других компонентов природной среды, например, рельефа земной поверхности. При этом**

следует отметить, что применяемые в настоящее время ГИС-модели не учитывают важный компонент – климатические условия.

Поэтому в будущем ГИС- модели рек должны предусматривать и климатические модели.

Таблица 1. – Этапы развития общей циркуляции атмосферы за период инструментальных наблюдений

Форма циркуляции	Западная W	Восточная E	Меридиональная С	Восточная+ Меридиональная E+С	Восточная E	Западная W
Период	1900 – 1928 гг.	1929 – 1939 гг.	1940 – 1948 гг.	1949 – 1970 гг.	1971 – 1995 гг.	1996 – 2005 гг.

Одним из таких объяснений является связь потепления, а точнее неустойчивого характера современного климата, с цикличностью атмосферной циркуляции (табл. 1), с изменением увлажненности территории. В свою очередь изменения климата и циркуляции атмосферы влияют на формирование стока рек.

Наши исследования позволили установить связь гидрологического режима рек с атмосферной циркуляцией [4]. Господство западной формы циркуляции обуславливает повышенный речной сток в зимний сезон и низкое весеннее половодье, при котором

расходы воды ожидаются около 33 – 81 % от средних многолетних значений; при восточной форме характерна высокая водность рек во время весеннего половодья, максимальные расходы воды в этот период будут составлять 129 – 200 %; меридиональная форма циркуляции характеризуется высоким весенним половодьем, при котором максимальные расходы воды составят 118 – 169 % от средних многолетних значений. На основе полученных связей был окончательно просчитан сценарий предстоящей климатической изменчивости начавшегося столетия (рис. 2).

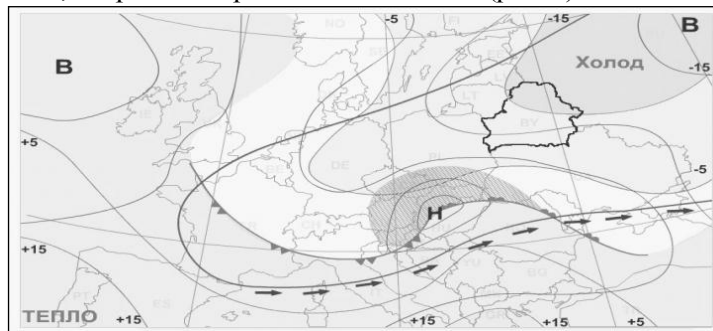


Рисунок 2. – Положение Беларуси в период западной циркуляции

Разработанные сценарии позволяют наметить основные тенденции формирования весеннего половодья в первом столетии нового тысячелетия. Во второй половине первого десятилетия XXI столетия, на ветви спада нечетного 11-летнего цикла солнечной активности, ожидается преобладание западной формы циркуляции. Второе десятилетие связано с развитием четного 11-летнего цикла солнечной активности и увеличением повторяемости восточной формы циркуляции. В третьем десятилетии века есть основания ожидать преобладание формы С циркуляции. В четвертом десятилетии на фоне максимума векового цикла (2040 г.) ожидается увеличение меридиональных форм (E + C) циркуляции. В пятом десятилетии века на фоне начала спада векового цикла солнечной активности ожидается преобладание

меридиональных форм атмосферной циркуляции. В шестом десятилетии, связанном с 60-летним циклом соединения Сатурна и Юпитера и периодом четного 11- летнего цикла солнечной активности, можно ожидать чередования форм циркуляции, но все же при некотором преобладании западной формы. В седьмом десятилетии характер циркуляции в определенной мере будет таким же, как в 60-х годах прошлого века. В этот период будет наблюдаться пониженный уровень солнечной активности в вековом цикле, преобладание формы W циркуляции. В последние три десятилетия XXI столетия ожидаются два периода понижения среднегодовых аномалий температуры воздуха – в 2075 и 2095 гг. Первое из них связано с моментом соединения Урана и Сатурна (45 лет), а второе — с максимальными

значениями в вековом цикле солнечной активности. Два же периода повышения температуры в последние три десятилетия текущего века (в 2085 и 2105 гг.) связаны с периодами нечетных 11-летних циклов. Есть основания ожидать преобладания западной формы циркуляции (табл.2).

Если прогноз динамики общей циркуляции атмосферы оправдается, то в ближайшее десятилетие погода в Беларуси будет по-

прежнему обусловлена западной формой циркуляции и соответственно будет наблюдаться повышенный сток в зимний сезон и низкое весеннее половодье. Максимальные расходы весеннего половодья в этот период составят 63 – 81 % от средних многолетних значений на реках Поозерской провинции, 40 – 67 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 33 – 57 % в Западно-Белорусской, 40 – 76 % в Полесской провинциях.

Таблица 2 – Повторяемость наводнений весеннего половодья различных градаций

Градация наводнений	Форма циркуляции (годы)			
	Западная W	Восточная E	Меридиональная C	Восточная + Меридиональная E+C
Катастрофические, обеспеченность, 1 %		1931 г.		1956, 1958
Выдающиеся, обеспеченность, 1 – 2 %	1999 г. (Припять)	1929, 1974, 1979	1941 г.	1951 г.
Большие, обеспеченность до 10 %	1908 г.	1932, 1970, 1975, 1981	1940, 1947	1953, 1962, 1963, 1965, 1968

Со второго десятилетия предполагается увеличение повторяемости восточной формы и наступление более холодных и снежных зим и высокой водности рек Беларуси во время весеннего половодья. Максимальные расходы весеннего половодья составят 129 – 162 % от средних многолетних значений в Поозерской провинции, 140 – 171 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 139 – 200 % – в Западно-Белорусской, 159 – 192 % – в Полесской провинциях.

Затем восточную циркуляцию сменит меридиональная форма циркуляции с холодными зимами и высоким весенним половодьем. Максимальные расходы весеннего половодья составят 118 – 129 % в Поозерской провинции, 130 – 160 % – в Западно-Белорусской, Восточно-Белорусской и Предполесской, 123 – 169 % в Полесской провинциях. В 30-х годах наступит эпоха комбинированной восточной и меридиональной циркуляции атмосферы, когда наблюдаются условия для формирования высокой водности рек во время весеннего половодья, а максимальные расходы воды превышают средние значения в 1,5 – 2 раза.

Максимальные расходы весеннего половодья в этот период составят 129 – 162 % от средних многолетних значений в Поозерской провинции, 144 – 171 % – в Восточно-Белорусской и Предполесской, 150 – 200 % – в Западно-Белорусской, 169 – 192 % – в Полесской провинциях.

Во второй половине текущего столетия, как упоминалось выше, будет наблюдаться чередование повторяемости процессов разных форм, но преобладать будет западная форма циркуляции. Водность рек во время весеннего половодья ожидается низкая. Но вместе с тем в будущем необходимо уточнение прогноза циркуляции атмосферы для более детальных расчетов водности рек в Беларуси.

Гидрологический режим рек зависит от запасов воды, накапливающийся в снежном покрове. Анализ распределения запасов воды в снежном покрове до и после потепления свидетельствует о существенном их изменении (рис. 3). В то же время в южных районах снежный покров неустойчив, или полностью отсутствует. Частота отсутствия снежного покрова в последние десятилетия увеличилась.

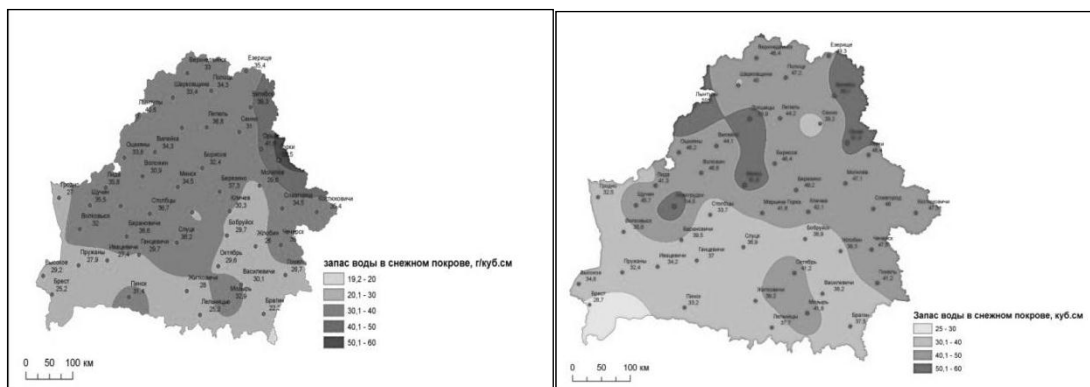


Рисунок 3. – *Распределение запасов воды в снежном покрове 1989-2005 гг, в сравнении с периодом до потепления 1949-1989 гг*

Существенные изменения происходят и с агроклиматическими условиями территории Беларуси, которые предопределяют необходимость адаптации сельского хозяйства к новым условиям. На рис. 4 В.И. Мельником предложена последняя картографическая модель

трансформации границ агроклиматических условий территории Беларуси, что свидетельствует о существенном повышении температур в южных регионах и смене условий для возделывания сельскохозяйственных культур.

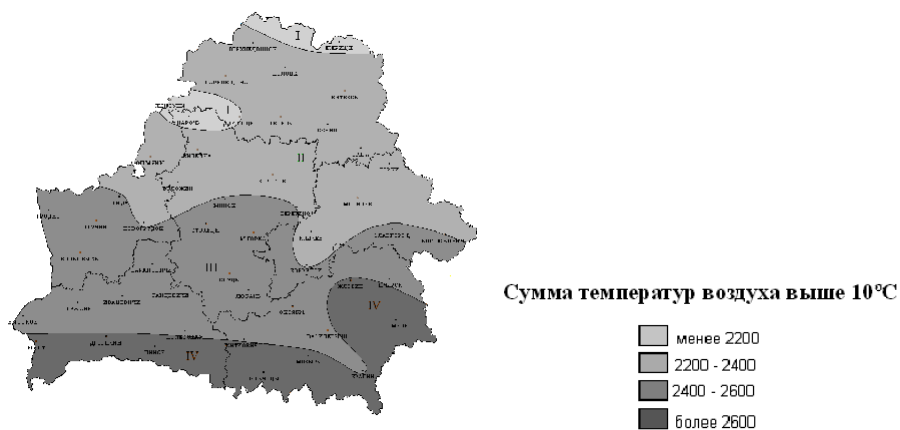


Рисунок 4. – *Изменение границ агроклиматических областей Беларуси: (по В.И. Мельнику, 2015): I – Северная, II – Центральная, III – Южная, IV – Новая.*

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что развитие научных исследований в области гидрометеорологии в Беларуси соответствует основным тенденциям глобальных природных и антропогенных процессов и удовлетворяет запросы современного общества. Результаты проводимых научных изысканий сопоставимы с результатами исследований зарубежных ученых и совместно дополняют общее представление о происходящих изменениях в регионе Европы и мире в целом. Для дальнейшего успешного и эффективного развития научной деятельности необходимо постоянное совершенствование технологий наблюдений, развития новых методов сбора, обработки, хранения, визуализации, прогнозирования и представления информации о состоянии и загрязнении окружающей среды.

Список использованных источников

1. Герменчук М.Г., Мельник В.И. Оценки экономической эффективности обслуживания гидрометеорологической информацией отраслей экономики в Республике Беларусь / Природные ресурсы, № 3, Мн., 2007. - С.95-97.
2. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В.Ф. Логинов. – Минск: Беларус. Навука, 2012. – 266 с.
3. Лопух П. С., Данилович И. С. Влияние атмосферной циркуляции на формирование гидрологического режима рек Беларуси / П.С. Лопух. Мн.: БГУ, 2013. – 224 с.
4. PartasenokI., GroismanP., Chekan G. And Melnik V. Winter cyclone frequency and following freshet streamflow formation on the rivers in Belarus. Environmental Research Letters, Volume 9, Number 9. 2014.